

## Análise fatorial para identificação da vulnerabilidade social ao risco climático de inundações em Nova Lima/MG

Gabriela Freitas Avelino - UFMG (gabriela.avelino@yahoo.com)

**Resumo:** Vulnerabilidade é um dos termos chave na bibliografia de mudanças climáticas. É comumente dividida entre biofísica e socioeconômica. Essa pode ser entendida como contexto social em que o perigo opera e aponta a capacidade social desigual de preparação, resposta e adaptação a esses perigos climáticos. Esse trabalho tem como objetivo mapear a vulnerabilidade socioeconômica dos setores censitários do município de Nova Lima/MG na perspectiva das mudanças climáticas e o risco climático à inundações. Para tanto, foi gerado um índice de vulnerabilidade através de Análise Fatorial e utilizando variáveis extraídas do Censo Demográfico de 2010. Foi identificada autocorrelação espacial entre o índice. Em Nova Lima, grande parte do município não apresentou vulnerabilidade socioeconômica no ano de 2010. Isso tem como causa o grande vazio urbano no limite no município e o perfil demográfico de algumas áreas urbanizadas. As variáveis com maior influência no índice são relacionadas à renda, gênero e raça. Por fim, ainda que com limitação temporal, o trabalho contribui para a elaboração de um modelo que pode ser reproduzido e alimentado com variáveis atualizadas e então refletir cenários mais atuais de vulnerabilidade.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade; Censo Demográfico; Análise Fatorial; Mudanças Climáticas.

*Factor Analysis for Identifying Social Vulnerability to Climate Risk of Flooding in Nova Lima/MG*

**Abstract:** Vulnerability is one of the key terms in the climate change literature, commonly divided into biophysical and socioeconomic categories. It can be understood as the social context in which danger operates, highlighting the unequal social capacity for preparation, response, and adaptation to these climate-related hazards. This study aims to map the socioeconomic vulnerability of the census tracts in the municipality of Nova Lima/MG from the perspective of climate change and flood risk. To achieve this, a vulnerability index was generated through Factor Analysis, using variables extracted from the 2010 Demographic Census. Spatial autocorrelation was identified among the index values. In Nova Lima, a significant portion of the municipality showed no socioeconomic vulnerability in the year 2010. This is attributed to the extensive urban void at the municipality's boundary and the demographic profile of certain urbanized areas. The variables with the greatest influence on the index are related to income, gender, and race. Lastly, despite temporal limitations, the study contributes to the development of a model that can be replicated and updated with current variables, thus reflecting more current scenarios of vulnerability.

**Keywords:** Vulnerability; Demographic Census; Factor Analysis; Climate Change.

## 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

As mudanças climáticas, se apresentam hoje, como um dos desafios mais urgentes e complexos que nossa sociedade enfrenta. Essas mudanças impactam significativamente diversas regiões e trazem consigo uma série de risco para comunidades e ecossistemas.

Risco pode ser entendido como a probabilidade do perigo (ALMEIDA, 2010; DAGNINO E CARPI JÚNIOR, 2007), bem como as perdas que a população pode sofrer em decorrência do acontecimento do perigo. Para Veyret (2007), risco é o perigo potencial como também a percepção desse perigo.

O que é entendido como risco muda conforme a construção social, está relacionado com o modo com o que aquela sociedade se organiza (FERREIRA, MONTEIRO e MADUREIRA, 2019). Almeida (2010) reforça essa ideia ao dizer que as interpretações do que é risco foram alteradas conforme a sociedade.

Para o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, o risco climático é o potencial de consequências adversas para a humanidade ou sistemas ecológicos. Os riscos resultam da interação dos perigos do clima (inundação, secas, deslizamentos, ondas de calor etc.), com a exposição e a vulnerabilidade do sistema (IPCC, 2021). No presente trabalho, será explorada a componente de vulnerabilidade.

Vulnerabilidade é um conceito fortemente presente nas literaturas de mudanças climáticas, perigos e desastres. Se divide em duas vertentes: a vulnerabilidade física, que explica os diferentes impactos e choques aos sistemas naturais e a vulnerabilidade social que discorre sobre o contexto social em que o perigo opera e aponta a capacidade social desigual de preparação, resposta e adaptação a esses perigos (EMRICH E CUTTER, 2011).

A vulnerabilidade social é tratada como uma condição intrínseca à unidade de análise. Portanto, é pré-existente do lugar e independente do perigo em questão (MARTINS E FERREIRA, 2012; RIBOT, 2017; EMRICH E CUTTER, 2011). Sendo, unicamente, um produto das características socioeconômicas e políticas internas daquele sistema (Naylor et al, 2020). Para Canil et. Al (2020), a vulnerabilidade de um território deve ser pensada como um processo.

O IPCC (2014) define a vulnerabilidade como uma função entre a capacidade de adaptação de um sistema e sua sensibilidade. Sendo a capacidade de adaptação a habilidade em realizar ajustes a danos potenciais, identificar oportunidades e responder à consequências. Enquanto a sensibilidade é a característica intrínseca ao sistema que o torna mais suscetível quando comparado aos demais (SÃO PAULO, 2013).

Para Sathler, Paiva e Baptista (2019), os riscos e impactos decorrentes das mudanças climáticas são maiores e mais visíveis em centros urbanos. A urbanização sem planejamento adequado expõe os habitantes das cidades à maiores riscos (SILVEIRA, 2014). Nessa perspectiva, o poder público vem demandando cada vez mais de consultorias especializadas o mapeamento das vulnerabilidades climáticas, visando maior capacidade de planejamento e adaptação.

Isso posto, esse trabalho tem como objetivo mapear a vulnerabilidade socioeconômica dos setores censitários do município de Nova Lima/MG na perspectiva das mudanças climáticas e o risco climático à inundações. Uma vez que a vulnerabilidade é uma das dimensões do risco climático e como exposto, ela independe do perigo. Sendo então criada uma contribuição diagnóstica para os processos de tomada de decisão do poder público que envolvam a capacidade de adaptação e resiliência municipal.

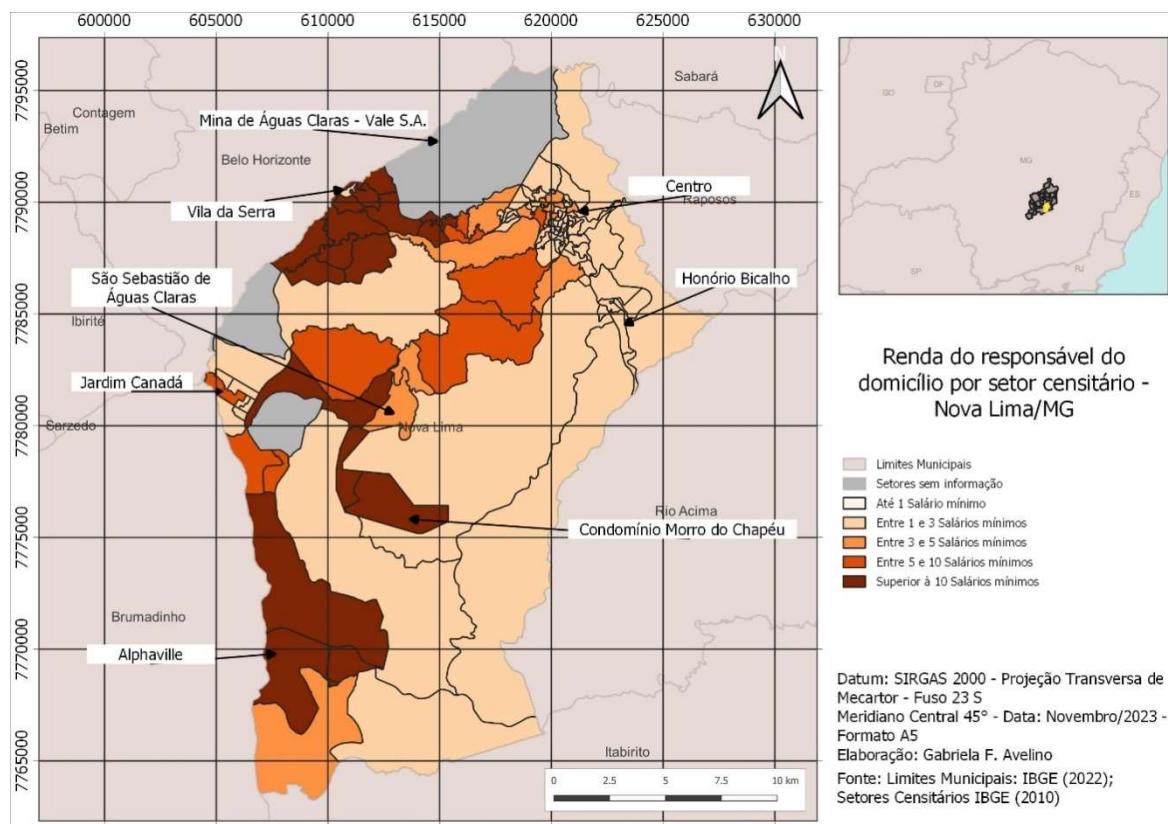
Este trabalho está dividido em cinco partes: introdução, área de estudo, materiais e métodos, resultados e conclusões.

## 2 - METODOLOGIA

A área de estudo desse trabalho é o município de Nova Lima, Minas Gerais. Localizado na região metropolitana de Belo Horizonte, Nova Lima é o 27º município mais populoso do estado de Minas Gerais. Tem área de 428,449 km<sup>2</sup>, o que resulta em uma densidade demográfica de 260,18 habitantes por quilometro quadrado (BRASIL, 2023).

Segundo Brasil (2023) no ano de 2010 o PIB per capita era de R\$ 66.483,00. Conforme dados do Censo Demográfico de 2010, a renda média do chefe de domicílio era R\$ 861,85, o equivalente a pouco mais de um salário mínimo e meio. É possível observar na Figura 1 que renda no município não é homogeneamente distribuída, sendo algumas porções da cidade com rendimento muito superior a outras.

Em relação ao gênero, dos 80.998 habitantes, 39.151 eram homens (48,33%) e 41.847 (51,66%) eram mulheres. Na perspectiva de raça, 30.156 pessoas se declararam brancas (37,23%), 51,74% se declararam pardas (41.915 pessoas), 8.070 se declararam pretas (9,96%), 753 pessoas se declararam amarelas (0,92%) e 99 pessoas se declararam indígenas (0,12%).

**Figura 1.** Espacialização da Renda do responsável em 2010

Fonte: Elaboração própria, 2023.

Um aspecto importante a respeito da ocupação urbana do município de Nova Lima é sua configuração em condomínios residenciais fechados. Essa tipologia de empreendimento residencial é bem definida por Andrade (2005) sendo um lugar fechado, com segurança privada, separado da parte adensada da cidade e destinado aos estratos de maior poder aquisitivo que visa maior segurança e exclusividade.

Andrade (2005) aponta que a construção desses loteamentos inicia na década de 70. Trata-se de lotes com área superior à 1000m<sup>2</sup> em áreas com grande beleza paisagística e esse era um dos grandes atrativos desses empreendimentos. Nessa época, com a ausência de legislações específicas, cabia ao loteador apenas a abertura das vias e toda a infraestrutura ficava a cargo do proprietário dos lotes. Para a autora, isso já funcionava como uma filtragem da população que ocuparia essas áreas, pois essas obras eram caras. Além disso, essas residências eram do tipo veraneio pois poucas pessoas assumiam as condições pouco urbanizadas e distante de Belo Horizonte.

O uso do solo no município em 2010 era configurado conforme Quadro 1 e . Interessante observar que 74,45% do território municipal eram de área vegetada, enquanto

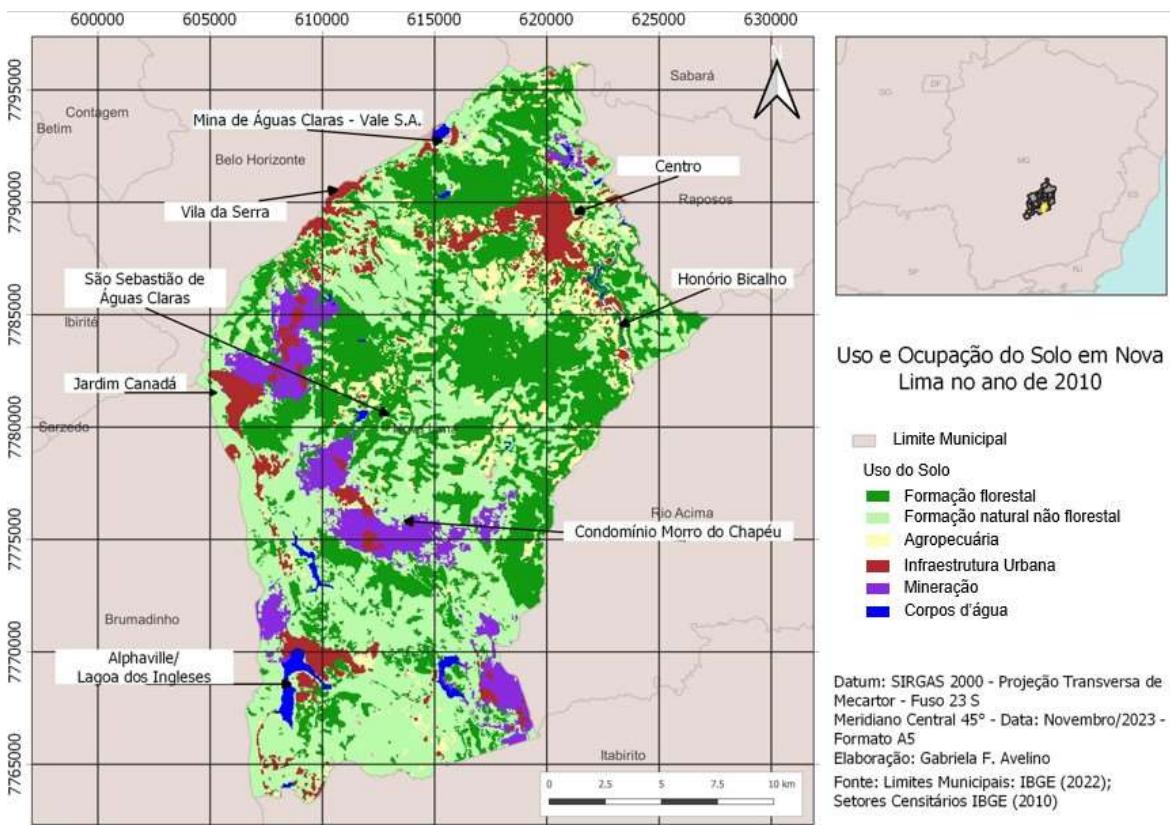
7,23% de área urbanizada. Outros 7,30% da área era destinada à mineração e 9,41% à agropecuária. Esses dados foram obtidos através do MapBiomas (2023).

**Quadro 1.** Uso do Solo em Nova Lima no ano de 2010

Uso e Ocupação do solo	%	Área (m <sup>2</sup> )
Agropecuária	9,41	40.371.824,84
Área urbana	7,23	31.007.234,95
Formação Florestal	37,16	159.441.656,89
Formação natural não florestal	37,29	160.031.406,79
Massas d'água	1,28	5.492.570,97
Mineração	7,30	31.331.513,39
Outras áreas não vegetadas	0,34	1.446.651,46
<b>Total Geral</b>	<b>100</b>	<b>429.122.859,29</b>

Fonte: Elaboração própria, 2023.

**Figura 2.** Uso e ocupação do solo em 2010



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Peixoto (2005) revela que a ocupação urbana em Nova Lima se deu de maneira controlada pois grande parte das terras disponíveis pertencem às empresas mineradoras, o que justifica essa relativa proteção de recursos ambientais. A área de vegetação natural do município soma 31.947,30ha dos quais 1.308,50 são reservas particulares do patrimônio natural, pertencentes às mineradoras. Em alguns casos, como no Condomínio Vale dos

Cristais, o empreendimento é fruto de uma sociedade entre a mineradora Anglo Gold e a construtora Noberto Ordebrecht (Andrade, 2005). Exemplificando a influência das empresas mineradoras no mosaico de usos do município.

## Materiais e Métodos

### Análise fatorial

Existem problemas de pesquisa costumeiros nas ciências sociais que necessitam mensurar fenômenos que não são diretamente observados (FIGUEIREDO FILHO e SILVA JÚNIOR, 2010), esses fenômenos são chamados por Matos e Rodrigues (2019) de variáveis latentes ou construtos. Para os autores, encontrar variáveis empiricamente observáveis que sejam racionalmente convertidas em conceitos abstratos é um grande desafio para os pesquisadores.

Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010) apontam que a existência de pelo menos duas formas de mensurar essas variáveis que não são empiricamente observáveis: a utilização de variáveis proxy ou a redução um conjunto de variáveis a poucas dimensões através de análise fatorial. Para os autores, a primeira alternativa é visivelmente mais simples, contudo, mais arriscada pois em alguns casos não é possível identificar uma variável proxie que seja adequada.

A análise fatorial, por outro lado é um método estatístico integral que é adequado para definir e mensurar a organização estrutural daquele sistema de interesse (KAPLUNOVSKY, “s.d.”) , pois conforme Hair et al (2005) a análise fatorial analisa as relações entre um grande número de variáveis e busca explicar essas variáveis na perspectiva de suas dimensões comuns, os fatores. A independência é um elemento-chave que diferencia a análise fatorial da regressão, pois no caso dessa, considera-se uma variável dependente e outras independentes. Na análise fatorial, todas as variáveis são consideradas simultaneamente (MATOS e RODRIGUES, 2019)

Segundo Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010), a análise fatorial tem como fundamento o pressuposto de que alguns fatores subjacentes, que são em menor número que as variáveis observadas, são responsáveis pela covariação entre as variáveis.

Hair et al (2005) definem o fator como a representação das dimensões latentes ou construtor que são capazes de sintetizar o conjunto de variáveis originais observadas. Também o definem como uma combinação linear das variáveis originais.

As análises fatoriais se desenvolveram em duas direções metodológicas: a análise fatorial exploratória e a confirmatória. A análise exploratória tem como o objetivo revelar a

estrutura subjacente de um conjunto de variáveis (KAPLUNOVSKY, “s.d”), que é o caso deste trabalho. A análise confirmatória permite que o pesquisador realize teste hipóteses e em que medida determinadas variáveis são representativas para um conceito/dimensão (FIGUEIREDO FILHO e SILVA JÚNIOR, 2010)..

Figueiredo Filho e Silva Júnior apresentam os requisitos necessários para uma análise factorial. São eles: adequabilidade da amostra e o tipo de extração. A respeito da adequabilidade da amostra, a análise factorial é utilizada comumente em variáveis contínuas e não categóricas, o tamanho mínimo da amostra deve ser de 50 observações e para Hair et al (2005) a amostra deve respeitar a proporção de 5 observações por variável. Dentre os diversos métodos de extração, a análise de componentes principais e o modelo de fator comum são as mais usuais. O primeiro método é mais utilizado para análise factorial exploratória, enquanto o segundo para análise factorial confirmatória (HAIR et al, 2005).

Os índices são obtidos via análise factorial com a utilização dos escores fatoriais. Esses, conforme Matos e Rodrigues (2019) permitem que o valor de cada fator seja calculado para cada uma das observações da amostra. Os autores explicam que os índices são como uma espécie de média ponderada das variáveis em cada uma das unidades amostrais onde tem-se as cargas fatoriais como peso.

Para falar da carga factorial é necessário descrever a aplicação da análise factorial. Ao mensurar um conjunto de variáveis, suas correlações par a par podem ser alocadas em uma matriz de correlações (chamada matriz-R). Em alguns casos, os coeficientes de correlação entre as variáveis de alguns subconjuntos de variáveis podem expressar um valor alto, o que sugere que elas estão medindo uma mesma dimensão, variável latente ou fator (MATOS e RODRIGUES, 2019).

É importante observar a carga factorial, que é entendida como a correlação daquela variável com o fator. Se a carga assume um valor positivo, entende-se que a variável e o fator estão positivamente correlacionados e caso a carga seja negativa, entende-se que estão negativamente correlacionados, quando valor um aumenta o outro diminui. A carga factorial também serve para identificação do quanto aquela variável contribui para o fator, Matos e Rodrigues (2019) sugerem elevar a carga factorial ao quadrado, pois assim, não haveria influência do sinal e seria possível observar a importância de cada variável em cada fator.

Voltando ao cálculo do índice, para Matos e Rodrigues (2019) realizar o cálculo dos escores através de uma média ponderada, ainda que simples pode levar a resultados ambíguos. Essa metodologia é considerada instável e muito dependente daquela amostra

que está sendo analisada. Existem outros métodos mais refinados para realizar esse cálculo e dentre eles, o de regressão. Metodologia escolhida para esse trabalho.

O método da regressão considera as variáveis como cariáveis explicativas e os escores como variável dependente. Ou seja, a regressão calcula os valores de  $b$  considerando as correlações entre as variáveis iniciais (MATOS e RODRIGUES, 2019). O peso de cada variável será então os coeficientes desse modelo. Os coeficientes são o resultado da multiplicação da matriz de cargas fatorais pelo inverso da matriz de correlações (matriz  $R$ ). Para Matos e Rodrigues (2019), os coeficientes representam uma medida mais pura da relação entre fator e variável.

### Análise exploratória de dados espaciais

A análise de dados espaciais tem como objetivo estudar a distribuição espacial de variáveis em diferentes áreas geográficas. A análise exploratória de dados espaciais (AEDE) é uma técnica de análise de dados espaciais que permite a visualização da distribuição espacial de variáveis.

A AEDE utiliza mapas temáticos, diagramas de dispersão e outras ferramentas gráficas para identificar padrões espaciais nos dados. Para Kremp (2004) a AEDE permite descrever e visualizar distribuições espaciais, identificar as situações atípicas (outliers), descobrir padrões, agrupamentos de valores semelhantes (clusters) e sugerir regimes espaciais ou outras formas de heterogeneidade espacial.

Um importante aspecto da análise espacial é a consideração da autocorrelação espacial, que se refere à dependência espacial entre as observações de uma variável em diferentes localizações geográficas. Anselin (1995) exemplifica: caso uma variável de interesse em uma localização é influenciada pelo valor da mesma variável em outras localizações – como influência da vizinhança, tem-se a autocorrelação espacial.

Existem vários métodos para a análise da autocorrelação espacial, Anselin (1995) classifica a análise exploratória de dados espaciais de duas maneiras: a primeira com a distinção entre indicadores globais e locais de associação espacial e a segunda tratada da separação entre as estatísticas baseadas na vizinhança e na distância. O indicador mais comum para expressar a autocorrelação é o índice de Moran ( $I$ ).

O Índice de Moran ( $I$ ) identifica a relação existente entre um determinado polígono e a sua vizinhança, a partir de uma distância predefinida, por intermédio da covariância existente entre eles, permitindo o exame da homogeneidade/diversidade dos dados. (LUZARDO, FILHO e RUBIM, 2017).

O índice de Moran varia de -1 a +1, onde um valor próximo de +1 indica uma forte autocorrelação espacial positiva, um valor próximo de -1 indica uma forte autocorrelação espacial negativa e um valor próximo de 0 indica ausência de autocorrelação espacial. A análise de autocorrelação espacial local foi realizada pela estatística LISA (Local Indicator of Spatial Association).

## Base de dados

Para esse trabalho foram utilizados os dados do Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 2010. Como a unidade de análise é o setor censitário, optou-se por utilizar os resultados do universo por setor censitário. Devido a pandemia de Covid-19 e cortes orçamentários, o censo que deveria ser realizado em 2020 ocorreu em 2022 e, portanto, quando da escrita desse trabalho, os resultados do universo por setor censitário de 2022 ainda não haviam sido divulgados.

A escolha das variáveis seguiu o estado da arte da literatura a respeito das mudanças climáticas e de vulnerabilidade socioeconômica. O Quadro 2 apresenta as variáveis escolhidas e sua justificativa.

**Quadro 2:** Variáveis utilizadas para a construção do índice

Variável	Justificativa
Índice de Gini	O índice de Gini mensura o grau de desigualdade social através da distribuição de renda (Ferreira, 2017), é uma variável de capacidade de adaptação, pois quanto maior o índice de Gini menor desigualdade social.
Percentual de Responsável com rendimento de até 2 salários-mínimos	Esse conjunto de variáveis relacionados ao rendimento do responsável tem relação com a capacidade de enfrentamento e adaptação que esse conjunto de pessoas terão em relação aos perigos climáticos. Quão maior for a capacidade de adaptação de alguém, menor sua vulnerabilidade. Em um caso de inundação, por exemplo, as pessoas com renda maiores poderão realizar obras em suas casas que diminuam seu risco
Percentual de Responsável com rendimento de até 3 salários-mínimos	As populações que não têm etnia branca e em especial a população negra, comumente são vítimas do racismo ambiental. Em geral essas pessoas ocupam áreas mais vulneráveis ao risco
Percentual de Responsável com rendimento entre 2 e 3 salários-mínimos	
Renda do responsável	
Percentual de Pessoas não brancas	

	climático e de qualidade ambiental inferior à população branca (DE SOUZA FILGUEIRA, 2021). Variável de Sensibilidade.
Percentual de Crianças	Para além da razão de dependência que trata os aspectos econômicos da população de crianças e idosos, na perspectiva climática esses dois grupos se apresentam com elevada vulnerabilidade. Para Bodstein, Lima e Barros (2014) isso pode ser explicado, em especial para os idosos por enfermidades que dificultam sua locomoção, além do declínio da capacidade funcional. Variável de Sensibilidade
Percentual de Idosos	
Percentual de Mulheres	
Percentual de Mulheres Responsáveis	Outro aspecto importante na vulnerabilidade climática é o recorte de gênero. Para Lima e Loeb (2021) a probabilidade de pobreza da mulher é maior e pode estar associada à perda de renda por conta do tempo e esforço dedicado a cuidar de crianças e da casa. Variável de Sensibilidade
Percentual de Mulheres Responsáveis Alfabetizadas	
Percentual de Mulheres responsáveis idosas	
Percentual de Responsáveis alfabetizados	A escolaridade é entendida como capacidade de adaptação das pessoas perante a vulnerabilidade climática uma vez que permite uma melhora de vida e instrumento de ascensão social (RAPOORT e DA SILVA, 2013).
Percentual de domicílios com abastecimento de água pela rede geral	Condições precárias de saneamento básico tornam a população mais suscetível à ocorrência de doenças de veiculação hídrica, principalmente. Essa população também fica mais vulnerável em casos de eventos climáticos, à falta de água por exemplo (ZUCARELLI et al, 2010). Variável de capacidade de adaptação
Percentual de domicílios com esgotamento sanitário	
Percentual de domicílios com coleta de lixo	
Percentual de Moradores em domicílios alugados	
Percentual de Moradores em domicílios quitados	Para Nakano (2021) alguns grupos podem estar sujeitos às perdas e despossessões habitacionais que violam o direito à moradia. O autor denomina o fenômeno de vulnerabilidade habitacional. Variável de Sensibilidade.
Percentual de Moradores em domicílios em aquisição	

Fonte: Elaboração própria (2023).

### 3 –RESULTADOS

Diversas variáveis contribuem de maior ou menor forma para a determinação do índice de vulnerabilidade. No caso das variáveis selecionadas para esse estudo, conforme figura 1, as variáveis com maior correlação negativa são: percentual de domicílio sem esgotamento sanitário, percentual de domicílio sem abastecimento de água via rede geral, percentual de domicílio sem coleta de lixo, índice de Gini e Renda. As variáveis que apresentam maior correlação positiva com o índice são Percentuais de pessoas não brancas, responsável com rendimento de até 3 salários-mínimos, responsável com rendimento entre 2 e 3 salários-mínimos, Mulheres responsáveis alfabetizadas e mulheres idosas responsáveis.

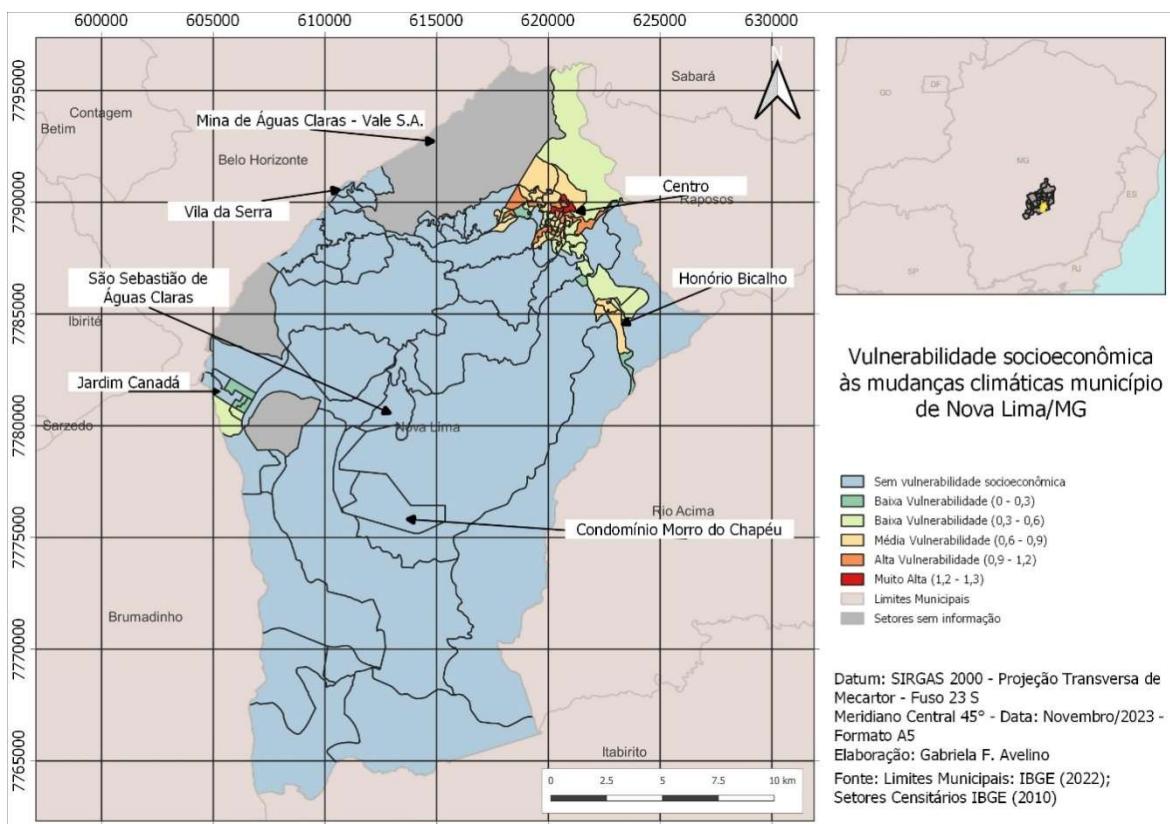
**Figura 3.** Carga fatorial das variáveis

	Carga Fatorial
Gini	<span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">-,.674</span>
Chefecomrendimentodeaté2sm	,602
Chefecomrendimentodeaté3sm	<span style="border: 1px solid green; padding: 2px;">,674</span>
Chefecomrendimentoentre2e3sm	<span style="border: 1px solid green; padding: 2px;">,667</span>
Renda	<span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">-,.586</span>
Pessoasnãobrancas	<span style="border: 1px solid green; padding: 2px;">,711</span>
Crianças	,039
Idosos	,454
Mulheres	,642
MulheresResponsáveis	,535
MulheresResponsáveisAlfabetizadas	<span style="border: 1px solid green; padding: 2px;">,650</span>
Mulheresresponsáveisidosas	<span style="border: 1px solid green; padding: 2px;">,649</span>
Responsáveisalfabetizados	,379
2domiciliosgáuapelaredegeral	<span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">-,.711</span>
2esgotamentosanitário	<span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">-,.766</span>
2coletade lixo	<span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">-,.608</span>
Moradoresemdomicíliosalugados	,356
Moradoresemdomicíliosquitados	,387
Moradoresemdomicíliosquemáquisição	-,144

Fonte: Elaboração própria (2023).

A etapa seguinte é a análise da espacialização dos escores para cada uma das observações, nesse caso, cada um dos setores censitários do município de Nova Lima. A figura apresenta a distribuição espacial do índice de vulnerabilidade nos setores censitários.

**Figura 4.** Mapa de Vulnerabilidade Socioeconômica



Fonte: Elaboração própria (2023).

Existem situações em que o IBGE não divulga o dado do setor censitário, na figura 4, são identificados como setores sem informação.

Grande parte do município de Nova Lima não apresentou vulnerabilidade socioeconômica. Pode-se dividir essa área em dois tipos. A primeira são os setores referentes aos condomínios fechados em que a renda é superior à 10 salários-mínimos. Na porção sul do município tem-se o Condomínio Alphaville e outros que circundam a Lagoa dos Ingleses. No centro do município tem-se as cavas da Mina de Horizontes (antiga Capitão do Mato) e a Mina de Tamanduá, pertencentes à Vale S.A. Ao norte do município, junto à divisa com Belo Horizonte, o bairro Vila Da Serra, de ocupação mais recente, também destinado a classes A e B e os condomínios Vila Castela, Ville de Montagne e outros, mais antigos.

A outra parte sem vulnerabilidade é referente à porção do município tinha, em 2010, baixa urbanização e presença de população. Sendo correspondente às áreas com maior cobertura vegetal.

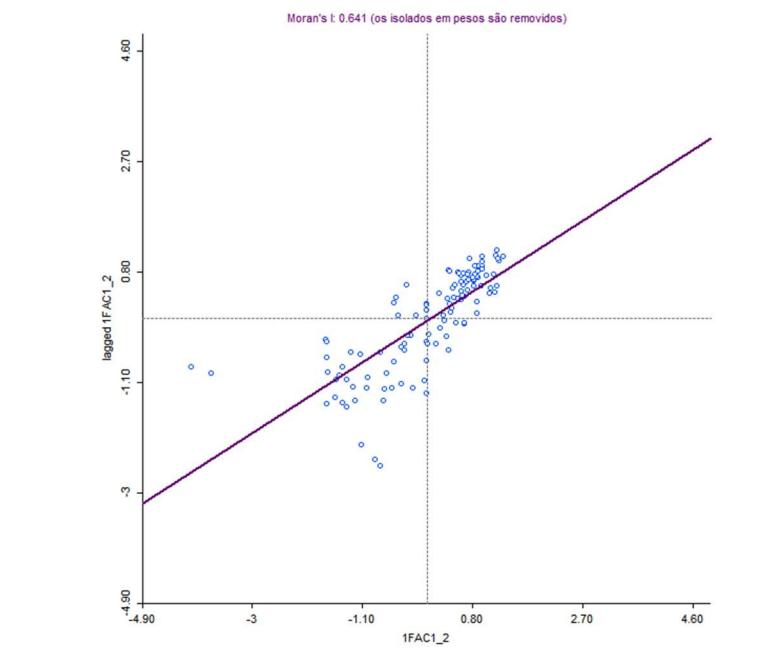
Começando o debate sobre as áreas que apresentam vulnerabilidade pode-se identificar pelo mapa três macro áreas: Jardim Canadá, Centro e Honório Bicalho. No Bairro Jardim Canadá, localizado à noroeste do município, são encontrados setores com baixa e muito baixa vulnerabilidade. Aqui relacionado com diversas variáveis, como população não branca e ausência de esgotamento sanitário.

No centro e nos bairros vizinhos, ainda que sejam encontrados setores com renda elevada, não há coleta de esgoto sanitário via rede geral. Segundo Nova Lima (2016), os domicílios estão ligados à rede pública de esgoto, porém a totalidade dos efluentes domésticos é drenada para os córregos contribuintes dos três principais córregos que atravessam a sede municipal: Cardoso, Cristais e Bela Fama. A situação do esgotamento sanitário no município de Nova Lima merece destaque pois já foi alvo de assinatura de Termos de Compromisso entre o município e o Ministério Público de Minas Gerais. Em 2010, época dos dados, tem-se o seguinte: Parte do bairro Jardim Canadá terá o esgoto sanitário captado e tratado pela COPASA, via concessão; ETE Vila Da Serra (hoje em desuso); Coleta e tratamento de esgoto na área urbana de Alphaville e Lagoa dos Ingleses pela empresa SAMOTRACIA Meio Ambiente e Empreendimentos Ltda.

A população não branca tem distribuição oposta ao mapa de renda do município de Nova Lima. As áreas mais ricas da cidade apresentam a maior concentração de pessoas brancas, esse cenário endossa o aumento de vulnerabilidade nas áreas com menor renda da cidade e a ausência de vulnerabilidade nas áreas ricas. A região de Honório Bicalho é um bom exemplo desse cenário.

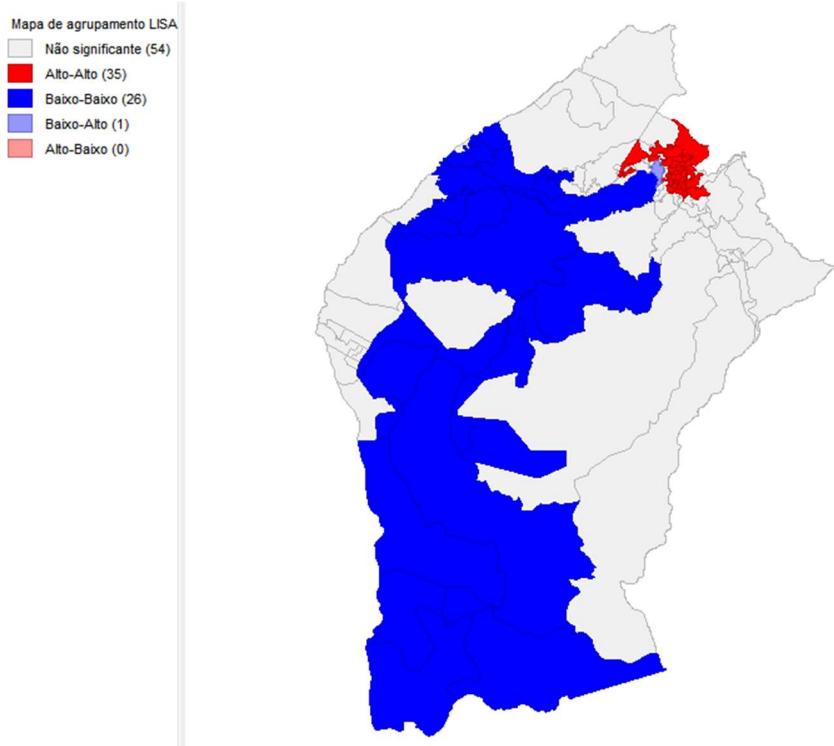
Através identificar através da estatística LISA que existe um padrão na distribuição espacial da vulnerabilidade. Os setores vulneráveis estão próximos de setores vulneráveis, enquanto os sem vulnerabilidade também estão agrupados. O I de Moran para o modelo é de 0,641. A Figura 5 apresenta o diagrama de dispersão do índice de vulnerabilidade, é possível observar o grande volume de casos do tipo alto-alto e de baixo-baixo. O mapa de agrupamento, presente na Figura 6 expõe como se dá o agrupamento entre os setores.

**Figura 5.** Diagrama de dispersão



Fonte: Elaboração própria (2023).

**Figura 6.** Mapa de agrupamento



Fonte: Elaboração própria (2023).

#### 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário de vulnerabilidade socioeconômica do município de Nova Lima não difere de maneira significativa da expectativa dessa temática. As variáveis relacionadas à renda têm grande contribuição para o índice, refletindo em maior vulnerabilidade nas áreas mais pobres. As questões de raça e gênero também são refletidas na composição do índice levando a resultados semelhantes aos presentes na bibliografia do tema.

O que surpreende em Nova Lima é a grande área sem vulnerabilidade socioeconômica. Esse resultado é fruto da conjunção entre a configuração dos mosaicos de uso do solo do município e o tipo de urbanização elitizada dos condomínios fechados. Grandes áreas de vegetação nativa pertencentes às mineradoras criam enormes vazios urbanos, e áreas não populadas, não tem vulnerabilidade socioeconômica. Outra porção é ocupada por condomínios fechados com população de altíssima renda e, consequentemente nenhuma vulnerabilidade.

O presente estudo é limitado pela escala temporal. A ausência de dados censitários atualizados nos faz olhar para a fotografia de uma cidade muito distante da cidade atual. As cidades são dinâmicas e a Nova Lima retratada nesse trabalho é diferente da Nova Lima de 2023. Contudo, esse trabalho contribui para a identificação de um modelo que seja capaz de medir a vulnerabilidade socioeconômica dos setores censitários e permite sua reprodução com dados mais atualizados.

#### 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. Q. de. Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Região metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010. 278 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.

ANDRADE, L. T. (2005). Os condomínios fechados e as novas dinâmicas metropolitanas. In Encontro de Geógrafo da América Latina (p. 837-852). São Paulo: EGAL/USP.

ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*, v. 27, n. 2, p. 93–115, 3 set. 1995.

BODSTEIN, A.; LIMA, V. V. A. DE; BARROS, A. M. A. DE. A vulnerabilidade do idoso em situações de desastres: necessidade de uma política de resiliência eficaz. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, n. 2, p. 157–174, jun. 2014.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades: nova lima. Nova Lima. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/nova-lima/panorama>. Acesso em: 27 nov. 2023.

CANIL, Kátia et al. VULNERABILITIES, RISKS AND ENVIRONMENTAL JUSTICE IN A MACRO METROPOLITAN SCALE. Mercator, Fortaleza, v. 20, dec. 2020. ISSN 1984-2201. Available at: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/e20003>>. Date accessed: 06 may 2023. doi: <https://doi.org/10.4215/rm2021.e20003>.

DAGNINO R, CARPI JUNIOR S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. CLIMEP Climatologia e Estudos da Paisagem. 2007;2(2):50-87. [copyatwww.tinyurl.com/y2bz5otc](http://copyatwww.tinyurl.com/y2bz5otc)

DE SOUZA FILGUEIRA, A. L. Racismo ambiental, cidadania e biopolítica: considerações gerais em torno de espacialidades racializadas. Ateliê Geográfico, Goiânia, v. 15, n. 2, p. 186–201, 2021. DOI: 10.5216/ag.v15i2.69990. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/69990>. Acesso em: 26 nov. 2023.

EMRICH, C. T.; CUTTER, S. L. Social Vulnerability to Climate-Sensitive Hazards in the Southern United States. Weather, Climate, and Society, v. 3, n. 3, p. 193–208, jul. 2011.

FERREIRA C., MONTEIRO, A., MADUREIRA, H. Percepção de risco climático: Uma análise para a cidade de Porto-Portugal Juiz de Fora-Brasil. Revista de Geografia, v.9, n.1, Juiz de Fora, MG. 2019

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. Opinião Pública, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 160–185, 2015. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/op/article/view/8641349>. Acesso em: 26 nov. 2023.

HAIR, J. F. et al. Análise multivariada de dados. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. (Eds). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, U.K. and New York, USA: Cambridge University Press, 2014, 27 pp.

IPCC. Climate Change 2021 Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [s.l.] IPCC, 2021. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf)>.

KAPLUNOVSKY, A.S. Why using factor analysis? (dedicatedtothe centenary of factor analysis). [Online] Disponível em: <http://www.magniel.com/fa/kaplunovsky.pdf>

KREMPI, Ana Paula. Explorando recursos de estatística espacial para análise da acessibilidade na cidade de Bauru. São Carlos, 2004.

LIMA, A. G. G.; LOEB, R. M. City, Gender and Climate Changes: Parelheiros as a case study in the capital of São Paulo. Ambiente & Sociedade, v. 24, 2021.

LUZARDO, A. J.R., FILHO, R.M.C., RUBIM, I.B. ANÁLISE ESPACIAL EXPLORATÓRIA COM O EMPREGO DO ÍNDICE DE MORAN. GEOgraphia Niterói, Universidade Federal Fluminense ISSN 15177793 (eletrônico) Vol.19, No40, 2017.

MARTINS, Rafael D'Almeida; DA COSTA FERREIRA, Leila. Vulnerabilidade, adaptação e risco no contexto das mudanças climáticas. *Mercator-Revista de Geografia da UFC*, v. 11, n. 26, p. 237–251, 2012

MATOS, D. A. S.; RODRIGUES, E. C. Análise Fatorial. Brasília, DF: Enap Fundação Escola Nacional de Administração Pública, 2019. p. 74.

NAYLOR, Angus et al. Conceptualizing climate vulnerability in complex adaptive systems. *One Earth*, v. 2, n. 5, p. 444-454, 2020. [https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322\(20\)30198-6.pdf](https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322(20)30198-6.pdf).

NAKANO, A. K. Vulnerabilidade a perdas habitacionais na Região Metropolitana de São Paulo. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 38, p. 1–26, 11 jun. 2021.

NOVA LIMA, Plano Municipal de Saneamento Básico de Nova Lima/MG – PMSB, Produto I Diagnóstico Setorial. Nova Lima, 2016. Disponível em: [https://novalima.mg.gov.br/uploads/legislacoes/OSA\\_2014-075\\_MJ\\_DIAGNOSTICO\\_PMSB\\_NOVA\\_LIMA-V3-SES-R4.pdf](https://novalima.mg.gov.br/uploads/legislacoes/OSA_2014-075_MJ_DIAGNOSTICO_PMSB_NOVA_LIMA-V3-SES-R4.pdf)

PEIXOTO, M. C. D. Expansão urbana e proteção ambiental: um estudo a partir do caso de Nova Lima / MG, Anais do XI encontro nacional da ANPUR, Salvador, 23 a 27 de maio de 2005.

RAPOPORT, Andrea; DA SILVA, Sabrina Boeira. Desempenho escolar de crianças em situação de vulnerabilidade social. *Revista educação em rede: formação eprática docente* - ISSN 2316-8919, [S.l.], v. 2, n. 2, abr. 2013. ISSN 2316-8919. Disponível em <http://ojs.cesuca.edu.br/index.php/educacaoemrede/article/view/410>.

RIBOT, J. Vulnerability does not just fall from the sky Addressing the vulnerability conundrum, in KASPERSON, R. E. *Risk Conundrums*. [s.l: s.n.]. 2017.

SÃO PAULO (Estado): Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística. Guia para a elaboração de planos de adaptação e resiliência climática. 2<sup>a</sup> ed. - - São Paulo, SEMIL. 2023.

SATHLER, D.; PAIVA, J.C.; BAPTISTA, S. Cidades e Mudanças Climáticas: planejamento urbano e governança ambiental nas sedes das principais regiões metropolitanas e regiões integradas de desenvolvimento / Cities and Climate Change: urban planning and environmental governance in the central municipalities of Brazil's leading metropolitan regions and integrated development regions. *Caderno de Geografia*, v. 29, n. 56, p. 262, 2019.

SILVEIRA, Renata Dias. Risco climático, vulnerabilidade socioespacial e eventos climáticos extremos relacionados ao calor e ao frio no estado do Rio Grande do Sul- Brasil. 2014. 377 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/115959>>.

VEYRET, Y. (org.). Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo:Contexto, 2007.

ZUCARELLI, M.C., LOPES, F.W.A., OJIMA, R. MONITORAMENTO DAS AÇÕES EM SANEAMENTO BÁSICO E VULNERABILIDADE EM ÁREAS DE RISCO EM MINAS GERAIS in Conferência Internacional da Rede Waterlat. São Paulo, 2010.